บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

ผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการแปรรูป และให้ความร้อนจนสุก พร้อมที่จะบริโภค ส่วนผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่ผ่านกระบวนการแปรรูป และให้ความร้อนจนสุกบางส่วน เมื่อจะบริโภคจะต้องผ่านการให้ความร้อนอีกครั้งจนสุก ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีอยู่มากทั้งในรูปอาหารแห้งหรืออาหารแช่แข็งเช่น ขะหมี่กึ่งสำเร็จรูป เปาะเปี๊ยะ (egg rolls) ลูกชิ้นปลา (fish balls) ขนมปัง (bread) ไส้กรอก (sausage) รวมถึงผลิตภัณฑ์ชุบแป้งทอดต่าง ๆ ซึ่งใช้ กุ้ง ไก่ หมู เนื้อ หรือผักเป็นหลัก อาหารเหล่านี้ได้รับความนิยมและเป็นที่ต้องการของตลาดมากขึ้นเนื่องจากสะดวก ประหยัดเวลา หาซื้อได้ง่าย มีรสชาติดี อีกทั้งราคาไม่แพงเกินไป

ผลิตภัณฑ์อาหารชุบแป้ง และขนมปังปนแช่แข็ง มีส่วนประกอบหลัก 2 ส่วน คือ ส่วนของอาหารที่จะนำมาชุบแป้งได้แก่ กุ้ง ไก่ หมู เนื้อ และผัก กับส่วนของวัสดุชุบทอด (coating) ซึ่งเป็นพวกแป้ง ไข่ นมผง วัสดุชุบทอดมีหน้าที่หลักในการส่งเสริมลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์อาหาร รวมทั้งรสชาติ ความกรอบ สี หรือกลิ่นรสที่ต้องการ เสริมคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ อีกทั้งยังสร้างความพอใจในการบริโภคมากขึ้น และช่วยป้องกันความชื้นที่สูญเสียออกไประหว่างการเก็บในสภาพแช่แข็ง และการอุ่นด้วย microwave

ในทางอุตสาหกรรมอาหารได้ให้คำนิยามของคำว่า แป้งชุบทอด (batter) เกล็ดขนมปัง (bread) และวัสดุชุบทอด (coating) เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกันไว้ดังนี้ (2)

<u>แป้งชุบทอด</u> หมายถึง ส่วนผสมเหลวที่มีลักษณะข้น ประกอบด้วย น้ำ แป้ง ไข่ สารทำให้ขึ้นฟู (leavening) และสารปรุงแต่งรส (seasonings) ใช้สำหรับชุบผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ ก่อนนำไปให้ความร้อนในการประกอบอาหาร

<u>เกล็ดขนมปัง</u> หมายถึง ผงขนมปังหรือส่วนผสมที่มีลักษณะแห้ง ประกอบด้วย แป้ง และ seasonings ใช้สำหรับเคลือบผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความชื้น

<u>วัสดุชุบทอด</u> หมายถึง แป้งชุบทอด และเกล็ดขนมปังที่เกาะติดกับอาหารหลังจากทำให้สุกแล้ว

หน้าที่และส่วนประกอบของแป้งชุบทอด

ส่วนประกอบของแป้งชุบทอด แบ่งได้เป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่เป็นองค์ประกอบหลักได้แก่ แป้ง ไข่และนมกับส่วนที่เป็นองค์ประกอบย่อยได้แก่ gums เกลือ น้ำตาล เครื่องเทศ สารที่ทำให้ขึ้นฟู (leavening agents)

แป้ง เป็นส่วนประกอบหลัก ซึ่งมีความสำคัญโดยตรงกับรสชาติ และลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ ความหนืดของแป้งและการรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกันจะกำหนดรูปร่าง ลักษณะเนื้อสัมผัส และอายุการเก็บของอาหารชุบแป้ง แป้งแต่ละชนิดจะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความกรอบแตกต่างกันซึ่งทั้งนี้ขึ้นกับองค์ประกอบ และสมบัติบางประการของแป้งนั้น ๆ เช่น ลักษณะโครงสร้าง ขนาดของเม็ดแป้ง แป้งที่มีปริมาณ amylose มากจะมีความกรอบสูง (3) ชนิดของแป้งที่เลือกใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ชุบแป้ง จะต้องคำนึงถึงสมบัติที่ต้องการของผลิตภัณฑ์เป็นหลัก สมบัติที่ต้องการจากวัสดุชุบทอดได้แก่ ความกรอบ การพองตัว การเกิดลักษณะเป็นฟิลม์เคลือบ และสี ในด้านความกรอบเมื่อชุบอาหารด้วยแป้ง และนำไปทอด ความกรอบของแป้งแต่ละชนิด จะแตกต่างกันไปขึ้นกับองค์ประกอบและโครงสร้างของแป้งนั้น ๆ เช่น แป้งชนิดที่มีปริมาณ amylose มากนั้นจะมีความกรอบสูง ส่วนการพองตัวของแป้งนั้นเกิดจากสมบัติด้านการพองตัว (puffing) การบวมตัว (swelling) และการยึดเกาะโมเลกุลน้ำ (hydration) ของเม็ดแป้งเมื่อได้รับความร้อน อัตราส่วนของ amylose ต่อ amylopectin มีความเกี่ยวข้องกับระดับการพองตัวโดยตรง และยังมีอิทธิพลต่อการดูดซับน้ำมันระหว่างการทอดด้วย ถ้าระดับการพองตัวเพิ่มขึ้น การดูดซับน้ำมันจะเพิ่มขึ้นตาม จามรี (4) ได้ทดลองเปรียบเทียบการพองตัวของแป้ง 4 ชนิด ได้แก่ แป้งสาลี แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวโพด พบว่า แป้งมันสำปะหลังให้การพองตัวมากที่สุด รองลงมาได้แก่ แป้งข้าวโพด แป้งสาลี และแป้งข้าวเจ้า ตามลำดับ ซึ่งองค์ประกอบที่สำคัญต่อความพองตัวของแป้งคือ amylose และ amylopectin แป้งแต่ละชนิดจะมีสัดส่วนของ amylose และ amylopectin แตกต่างกัน เช่น สัดส่วนของ amylose และ amylopectin ในแป้งมันสำปะหลัง แป้งสาลี แป้งข้าวโพด และแป้งข้าวเจ้า เท่ากับ 18:82, 25:75, 26:74 และ 16:84 ตามลำดับ (5) การที่แป้งมันสำปะหลังมีการพองตัวสูง เนื่องจากมีสัดส่วนของ amylopectin มากกว่า amylose มาก ซึ่ง amylopectin จะช่วยในการพองตัว และทำให้มีน้ำหนักเบา ส่วน amylose ถ้ามีมากจะลดการพองตัว หรือทำให้ specific volume ลดลง แต่สามารถลดการดูดซึมน้ำมันระหว่างการทอด แป้งที่มี amylose 5-20% จะพองตัวดี และไม่ดูดซึมน้ำมันมากเกินไป (4) นอกจากสมบัติของตัวแป้งแล้ว การเติมผงฟูในผลิตภัณฑ์ยังช่วยให้

แป้งพองตัวได้ดีขึ้น นิยมเติมผงฟูกำลังสอง หรือผงฟูที่ให้ปฏิกิริยาช้า (double acting) ในส่วนของแป้งชุบทอด ผงฟูชนิดนี้ประกอบด้วย baking soda กับเกลือที่มีค่า pH เป็นกรด 2 ชนิดหรือมากกว่า เกลือชนิดหนึ่งจะเกิดปฏิกิริยาเร็วได้แก่ calcium acid phosphate โดยจะผลิตกาซออกมาในขณะผสม ส่วนอีกชนิดหนึ่งจะเกิดปฏิกิริยาช้าได้แก่ sodium pyrophosphate หรือ sodium aluminium sulphate โดยชนิดหลังนี้จะผลิตกาซคาร์บอนไดออกไซด์ขณะผลิตภัณฑ์ได้รับความร้อน กาซนี้จะดันให้เกิดโพรงอากาศในผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาตรเพิ่มขึ้น (5) การเกิดลักษณะเป็นฟิล์มเคลือบ และจับติดอยู่บนผิวของชิ้นอาหารขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยด้วยกัน เช่น ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมกับแป้ง ถ้าผสมน้ำในปริมาณมากแป้งชุบทอดที่ได้จะเหลว เมื่อนำไปชุบอาหารทอด จะได้แผ่นฟิลม์บางและมีรูพรุนมากเนื่องจากน้ำระเหยออกไปเมื่อได้รับความร้อน นอกจากนี้ยังขึ้นกับองค์ประกอบในแป้ง ปริมาณ amylose ถ้ามีมากการพองตัวของแป้งชุบทอดจะน้อยลง ฟิล์มที่ได้จะแข็งแรงและยืดหยุ่นได้ดี ส่วนปริมาณ amylopectin ถ้ามีมากจะเป็นสาเหตุให้พันธะระหว่างโมเลกุลลดความแข็งแรงลง (6) สำหรับสีและผิวของผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ชุบแป้งทอดโดยทั่วไปต้องการสี และผิวอันเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคโดยสีต้องเป็นสีน้ำตาลทอง(golden brown) ไม่ซีดหรือเข้มไป Hanson และ Fletcher (7) รายงานว่า แป้งที่ใช้ทอดต่างชนิดกัน จะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีต่างกัน แป้งข้าวเจ้า (waxy rice flour) และแป้งข้าวโพด (waxy corn starch) จะให้ผลิตภัณฑ์สีน้ำตาลมันเงา (glossy brown) แป้งสาลีจะให้ผลิตภัณฑ์สีน้ำตาลเทา (grayish-brown) แป้งข้าวโพดจะให้ผลิตภัณฑ์สีน้ำตาลทอง และแป้งข้าวโพดเหลือง (yellow corn flour) จะให้ผลิตภัณฑ์สีเหลืองอมเขียว (greenish-yellow)

ไข่ เป็นส่วนประกอบที่ช่วยให้แป้งชุบทอด หรือเกล็ดขนมปังเกาะติดกับตัวผลิตภัณฑ์ ไข่ประกอบด้วย ไข่ขาว และไข่แดงซึ่งในแต่ละส่วนมีองค์ประกอบแตกต่างกันไป ไข่ทั้งฟองและไข่แดงมีไขมัน 11-27% ขณะที่ไข่ขาวมีเพียง 0.03% แต่ปริมาณโปรตีนใกล้เคียงกันคือ ประมาณ 10-14% (8) ผลิตภัณฑ์จากไข่ได้แก่ ไข่ผงมีผลิตจำหน่ายทางการค้าในลักษณะไข่ผงทั้งฟอง หรือไข่รวมผง ไข่แดงผงและไข่ขาวผง ไข่ขาวผงมีโปรตีนสูงสุดถึง 80% ขณะที่ไข่รวมผงและไข่แดงผง มีเพียง 30-45% ส่วนไขมันมีเฉพาะในไข่รวมผงและไข่แดงผงในปริมาณ 40-57% เท่านั้น ไม่มีไขมันในไข่ขาวผง โปรตีนของไข่ส่วนใหญ่เป็นโปรตีนชนิด albumin ซึ่งเกิดการแข็งตัว (coagulate) เมื่อได้รับความร้อน ส่วนไขมันมี lecithin เป็นองค์ประกอบประมาณ 73% lecithin ทำหน้าที่เป็น emulsifier ช่วยเพิ่มความคงตัวของแป้งชุบทอด การเติมไข่ในแป้งชุบทอด จะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มชวนรับประทานมากขึ้น แต่ถ้าเติมไข่มากเกินไป ผลิตภัณฑ์จะมี

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สีน้ำตาลคล้ำและมีกลิ่นรสของไข่ ทำให้ผู้บริโภคยอมรับน้อยลง Hanson และ Fletcher (7) รายงานว่า ปริมาณของไข่ในแป้งชุบทอดมีผลเล็กน้อยในด้านการเกาะติดของแป้ง และการเพิ่มปริมาณไข่แดง ทำให้น้ำหนักของวัสดุชุบทอดบนผลิตภัณฑ์ลดน้อยลง ขณะที่ปริมาณไขมันเพิ่มมากขึ้น

นม ใช้ทั้งในรูปน้ำนม และผลิตภัณฑ์นมเป็นแหล่งของ lactose ซึ่งเป็น reducing sugar และโปรตีน ซึ่งทำให้เกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลชนิด non-enzymatic browning reaction นอกจากนี้ ยังทำให้แป้งมีความแข็งตัวเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเกิดจากการรวมตัวของโปรตีนในแป้ง และช่วยเก็บความชื้นของผลิตภัณฑ์ Suderman และ Cunningham (2) ได้ศึกษาผลของ predip ต่อการเกาะติดของเกล็ดขนมปัง สาร predip ที่ใช้คือ น้ำ นมสดและนมระเหย เขาได้ทดลองเปรียบเทียบใช้น้ำและนมสดเป็น predip สำหรับน่องไก่ต้ม และใช้นมสดเทียบกับนมระเหยสำหรับอกไก่ พบว่า การใช้นมสดหรือนมสดและเกล็ดขนมปังให้ผลการเกาะติดของเกล็ดขนมปังดีกว่าการใช้น้ำสำหรับน่องไก่ต้ม ในทำนองเดียวกันสำหรับอกไก่ต้ม พบว่า การใช้นมระเหยให้การเกาะติดของเกล็ดขนมปังดีกว่าการใช้นมสด และผลิตภัณฑ์ที่มีการ predip ด้วยน้ำ หรือนม จะสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าเมื่อไม่มีการ predip สำหรับลักษณะด้านความนุ่ม (tenderness) พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่มีการ predip ด้วยนมระเหยมีความนุ่มมากกว่าเมื่อใช้นมสด เขายังได้ศึกษาต่อไป (2) ถึงระดับของนมที่ใช้เป็นแหล่งโปรตีนในส่วนของเกล็ดขนมปัง โดยใช้นมผงพร่องมันเนย 0%, 5%, 10% และ 15% พบว่า ทุกกรณีให้ผลใกล้เคียงกันทั้งทางด้านการเกาะติดของเกล็ดขนมปัง การสูญเสียน้ำหนักขณะอบให้สุก (baking loss) ค่าแรงกด และความสามารถในการอุ้มน้ำ (water capacity) ทั้งนี้การเกาะติดของเกล็ดขนมปังเมื่อมีนม จะให้ผลดีกว่าเมื่อไม่มีนมเล็กน้อย

gums ทำหน้าที่หลักในการควบคุมความหนืด และอุ้มน้ำไว้ นอกจากนั้นยังเป็นส่วนที่เกิด gel หรือส่วนผิวบาง (film) ที่ช่วยเชื่อมส่วนผสมอื่นเข้าด้วยกัน เพิ่มความแข็งแรงในการเกาะติดระหว่างเก็บที่อุณหภูมิต่ำ gums มีลักษณะและข้อได้เปรียบเช่นเดียวกับแป้งแปรสภาพ (modified starches) ในเรื่องเพิ่มความหนืด และการอุ้มน้ำ แต่มีประสิทธิภาพดีกว่า ทำให้สามารถใช้ได้ในปริมาณต่ำกว่า โดยทั่วไปจะใช้ไม่เกิน 2% ในสูตรแป้งชุบทอด (2) ชนิดของ gum ที่นิยมใช้ได้แก่ gum arabic, sodium alginate, carboxymethyl cellulose เป็นต้น

เครื่องเทศ ที่ใช้มีอยู่หลายชนิด เช่น พริก (paprika) พริกไทย ผง carotene จากธรรมชาติ (natural carotene powder) และ mustard มักเติมลงไปประมาณ 3-5% ของสูตรแป้งชุบทอด หรือสูตรเกล็ดขนมปัง การเลือกใช้เครื่องเทศนอกจากจะคำนึงถึงกลิ่น และรสชาติแล้ว จะต้องระวังไม่ใช้ในปริมาณมากเกินไป เพราะจะมีผลต่อสี และลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งอาจเป็นแหล่งเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ลงในผลิตภัณฑ์ (9)

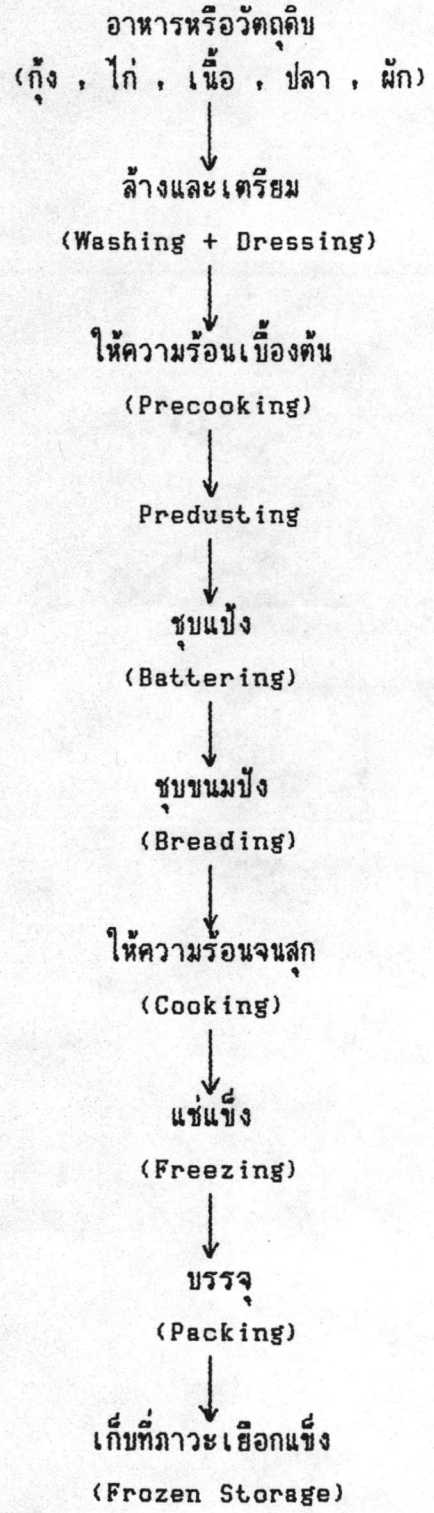
เกลือ ทำหน้าที่เพิ่มรสชาติของผลิตภัณฑ์ เกลือจะแข่งขันกับโปรตีนของแป้งชุบทอดในการดูดน้ำในภาวะที่มีน้ำอยู่จำกัด ทำให้โปรตีนดูดน้ำได้ช้าลง เป็นการลดความหนืดที่เกิดขึ้น ทำให้เติมน้ำในส่วนของแป้งชุบทอดได้มากขึ้น และสะดวกในการกวนส่วนผสมให้เข้ากัน (9)

น้ำตาล ทำหน้าที่เพิ่มความหวาน และรสชาติของผลิตภัณฑ์ นอกจากนั้นยังทำให้เกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์เช่นเดียวกับนม น้ำตาลที่นิยมใช้คือ น้ำตาลทราย สำหรับปริมาณที่ใช้ขึ้นกับรสชาติที่ต้องการ โดยมีข้อควรระวังคือ ถ้ามีน้ำตาลในแป้งชุบทอดมาก ผลิตภัณฑ์จะเกิดสีน้ำตาลเร็วเมื่อได้รับความร้อน สีภายนอกของผลิตภัณฑ์อาจเข้มเกินไปขณะที่ภายในยังไม่สุก (9)

สารที่ทำให้ขึ้นฟู ชนิดที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารคือ ผงฟู (baking powder) ปริมาณที่ใช้ในแป้งชุบทอดมีได้ไม่เกิน 5% ผงฟูที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็นสารผสมของเกลือหรือกรดกับ sodium bicarconate โดยเมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมีจะต้องได้กาซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่น้อยกว่า 12% โดยน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ และเมื่อเกิดปฏิกิริยาแล้ว จะต้องแตกตัวอย่างสมบูรณ์ไม่มีการตกค้างของกรดหรือด่างในอาหาร ในส่วนผสมของผงฟูยังมีส่วนประกอบเป็นแป้งอีก 25-30% เพื่อป้องกันไม่ให้กรด และด่างเกิดปฏิกิริยากันก่อนการนำไปใช้ประโยชน์ (10) กรดและเกลือที่นิยมใช้ได้แก่ tartaric acid, phosphate salt, sodium aluminium phosphate, monocalcium phosphate และ glucono-delta-lactone (10)

<u>กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ชุบขนมปังแช่แข็ง</u>

กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ชุบขนมปังปนแช่แข็งมีดังในแสดงแผนภูมิต่อไปนี้ (13)



ความสำคัญของแต่ละขั้นตอนการผลิต มีดังนี้

อาหารหรือวัตถุดิบ

อาหารที่จะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการทำผลิตภัณฑ์ชุบแป้งนั้น มีหลายชนิดเช่น หมู เนื้อสัตว์ปีก สัตว์น้ำและผัก แต่ละชนิดจะมีโครงสร้าง องค์ประกอบทางเคมีและลักษณะผิวสัมผัสที่จะให้แป้งเกาะติดต่างกัน แต่ไม่ว่าจะเลือกใช้วัตถุดิบชนิดใด ควรจะพิจารณาเลือกวัตถุดิบที่มีความสดสะอาด มีคุณภาพดี และหาได้ง่าย ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะสัตว์น้ำประเภทกุ้งเท่านั้น การเตรียมวัตถุดิบ นำวัตถุดิบที่สดและมีคุณภาพดีมาล้าง และคัดขนาดให้สม่ำเสมอ จากนั้นนำมาแกะเปลือกและตัดแต่งตามชนิดของผลิตภัณฑ์ที่จะผลิต เช่น fantail หรือ butterfly shrimp จะแกะเปลือกเหลือส่วนหางไว้ แล้วผ่ากลางตลอดตัวให้แยกเป็นสองส่วน เว้นส่วนหางติดกันไว้ ถ้าเป็น round shrimp จะเพียงแกะเปลือกเหลือส่วนหางไว้ ไม่ต้องผ่ากลางหลัง หรือถ้าเป็น pieces จะเป็นชิ้นเดียว หรือส่วนหนึ่งของกุ้งโดยจะนำกุ้งมาแกะเปลือกออกทั้งหมด ไม่ต้องเหลือหางไว้ ถ้าเป็น composite units จะประกอบด้วยกุ้งทั้งตัวจำนวนสองตัว หรือมากกว่าหรือชิ้นส่วนของกุ้ง นำมาก่อรูป และอัดรวมกันแล้วห่อรวมเป็นชิ้นเดียวกันด้วยวัสดุชุบทอด ส่วนที่รวมกันถ้ามีขนาดใหญ่อาจตัดแบ่งให้เล็กลงได้ ในขั้นตอนของการตัดแต่งจะต้องทำอย่างสะอาดรวดเร็วและทำในที่มีอุณหภูมิต่ำ ทั้งนี้เพื่อมิให้วัตถุดิบมีคุณภาพด้อยลงและมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์มากขึ้น สำหรับข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์กุ้งชุบขนมปังแช่แข็งของแต่ละประเทศ จะแตกต่างกันเล็กน้อย เช่น FDA ของสหรัฐอเมริกา (11) ได้กำหนดไว้ว่า จะต้องมีอัตราส่วนของน้ำหนักวัสดุชุบทอดไม่เกิน 50% อนุญาตให้ใช้ ascorbic acid ในปริมาณที่จำเป็นเท่านั้น เพื่อยับยั้งมิให้เกิด dark spots บนตัวกุ้ง International Commission on Microbiological Specifications for Foods (12) กำหนดไว้ว่า จะต้องมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน $1x10^5$ โคโลนีต่อกรัม Coliforms ไม่เกิน $1.1x10^3$ โคโลนีต่อกรัมและต้องไม่ตรวจพบ *E. coli*, Salmonella และ *Staphylococcus aureus*

การให้ความร้อนเบื้องต้น

วัตถุดิบแต่ละชนิดที่นำมาใช้มีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกัน บางชนิดมีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่มาก เมื่อผลิตภัณฑ์ได้รับความร้อนจะมีการสูญเสียน้ำในรูปไอน้ำซึ่งจะมีแรงดัน ทำให้

แป้งชุบทอดหลุดร่อนออกจากชิ้นวัตถุดิบได้ Hanson และ Fletcher (7) รายงานว่า ถ้านำชิ้นไก่มาผ่านการต้มในน้ำร้อนเป็นเวลา 14 นาที แล้วทำให้เย็นลงถึง 2 องศาเซลเซียส ก่อนนำมาชุบแป้งทอด แป้งจะเกาะติดดีกว่าและหลุดร่อนออกน้อยกว่า ทั้งนี้เนื่องจาก ชิ้นไก่ที่ผ่านการต้มจะหดตัวก่อนชุบแป้งและสูญเสียน้ำออกไปบางส่วน เมื่อนำไปชุบแป้งแล้วทอด แป้งจะแข็งตัวเกาะแน่นตามรูปร่างและขนาดของชิ้นไก่ ขณะที่ชิ้นไก่ที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน เมื่อนำไปชุบแป้งแล้วทอดวัสดุชุบทอดจะแข็งตัวตามรูปร่างเดิมของชิ้นไก่ แต่ชิ้นไก่จะหดตัวลงและไอน้ำที่เกิดขึ้นจะดันให้วัสดุชุบทอดหลุดร่อนออกและเกิดรอยแตกขึ้น Hale และ Goodwin (13) ศึกษาต่อไปถึงวิธีการให้ความร้อนในการ precook ผลิตภัณฑ์ พบว่า ถ้าให้ความร้อนเบื้องต้นแก่อกไก่แบบ deep fat frying ที่อุณหภูมิ 152 องศาเซลเซียส นาน 14 นาที จะมีค่าแรงตัดขาดต่ำกว่าการให้ความร้อนด้วยพลังงาน microwave เป็นเวลา 4 นาที ร่วมกับ deep fat frying ที่อุณหภูมิ 177 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที เนื่องจากชิ้นไก่สูญเสียความชื้นออกไปมากกว่า แม้ว่าวิธีการให้ความร้อนทั้งสองแบบให้ผลด้านการเกาะติดไม่แตกต่างกัน แต่ผู้บริโภคยังตรวจพบความแตกต่างของลักษณะเนื้อสัมผัสและความกระด้าง Baker และคณะ (14) ศึกษาการลวก การนึ่งหรือการต้มชิ้นอาหารก่อนนำไปชุบแป้งชุบทอด พบว่า การลวกจะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีผลผลิตสูง และมีความชื้นเหลือในเนื้อเยื่อมากกว่าการนึ่งหรือการต้ม และการให้ความร้อนเบื้องต้นทั้งสามวิธีมีผลเล็กน้อยในการช่วยลดปัญหาการหลุดของเกล็ดขนมปังจากชิ้นไก่

Predusting

เป็นการใช้สารประเภทโปรตีน หรือแป้งเคลือบชิ้นอาหารก่อนชุบแป้ง เพื่อช่วยให้แป้งเกาะติดได้ดีขึ้นโดยการนำชิ้นอาหารมาคลุกกับสาร predust ก่อนที่จะนำไปชุบแป้งชุบทอด แต่ต้องระวังไม่ให้สาร predust เกาะติดเป็นก้อนหนาอยู่บริเวณเดียว เพราะจะทำให้แป้งส่วนนั้นไม่สุก หรือสุกช้ากว่าส่วนอื่นเมื่อได้รับความร้อน นอกจากนั้น สาร predust ยังช่วยดูดซับน้ำที่ออกมาจากวัตถุดิบไว้ทำให้แป้งส่วนที่ติดกับวัตถุดิบไม่แฉะ Baker และคณะ (15) ศึกษาพบว่าสาร predust จำพวกโปรตีนเช่น dry egg albumin, vital wheat gluten, soy concentrate จะทำให้เกิด crust ได้ดีกว่า และทำให้แป้งเกาะติดมากกว่า predust พวกแป้ง อาทิ แป้งสาลี แป้งมันฝรั่ง แป้งข้าวโพดแปรสภาพ และgums เช่น gum arabic, sodium alginate, carboxyl methyl cellulose โดยที่ dry egg albumin ช่วยให้เกิดการเกาะติดสูงสุด

การชุบแป้งและขนมปัง

แป้งและเกล็ดขนมปังจะเกาะติดชิ้นอาหารได้ดีขึ้นกับปัจจัยหลายประการ เช่น องค์ประกอบของแป้งชุบทอด ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมกับแป้ง ขนาดและองค์ประกอบของชิ้นอาหาร เป็นต้น Hanson และ Fletcher (7) ได้ศึกษาพบว่า การเกาะติดของแป้งชุบทอดขึ้นกับองค์ประกอบของแป้งชุบทอดเช่น ชนิดของแป้ง ปริมาณและชนิดของไข่และความหนืดของแป้ง Cunningham และ Tiede (16) รายงานว่า เมื่อความหนืดของแป้งเพิ่มขึ้น ปริมาณการเกาะติดของเกล็ดขนมปังจะเพิ่มขึ้น ความหนืดของแป้งจะเป็นตัวกำหนดความหนา และน้ำหนักของวัสดุชุบทอด ความหนาที่เหมาะสมขึ้นกับข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดสำหรับแต่ละประเทศ เช่น ในผลิตภัณฑ์ frozen raw breaded shrimp นั้น FDA ของสหรัฐอเมริกา (11) ได้กำหนดไว้ว่า จะต้องมีอัตราส่วนของน้ำหนักวัสดุชุบทอดไม่เกิน 50% การเกาะติดของแป้งยังขึ้นกับปัจจัยอื่นอีก Love และ Goodwin (17) ชี้ให้เห็นว่า ปริมาณแป้งชุบทอดที่ปีกไก่ และอกไก่ จะสูงกว่าส่วนน่องและต้นขา ทั้งนี้เพราะ ปีกไก่และอกไก่มีอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักมากกว่า

การทอด

การทอดจะทำให้เกิดการพองตัวของ starch gel ขึ้น ซึ่งจะมีผลต่อสมบัติต่าง ๆ ทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ การพองตัวขึ้นกับปัจจัยสำคัญ 2 อย่าง คือ ความดันของไอน้ำ และความต้านทานของเนื้อเยื่ออาหาร และวัสดุชุบทอด ความดันเกิดจากการให้พลังงานความร้อนแก่อาหาร จะโดยวิธีใดก็ตาม ทำให้น้ำที่แทรกอยู่ในอาหารเกิดการขยายตัวดันให้เนื้อของอาหารเป็นโพรงหรือรูพรุน เพื่อให้ไอน้ำเคลื่อนที่ออกจากเนื้อเยื่อได้ ในขณะเดียวกันก็จะเกิดมีแรงต้านหรือแรงยึดมิให้ไอขยายตัวหลุดออกไปซึ่งอาจเกิดจากเนื้อเยื่ออาหาร และวัสดุห่อหุ้ม ถ้าเนื้อเยื่อได้รับพลังงานพอเหมาะจะทำให้ความดันเท่ากับความต้านทาน การพองตัวที่ได้จะมีรูพรุนสม่ำเสมอทั่วทั้งชิ้น ทำให้มีความชื้นเหลืออยู่พอเหมาะที่จะทำให้มีความกรอบพอดี มีโครงสร้างและเนื้อสัมผัสดีด้วย แต่ถ้าความดันมากกว่าความต้านทานจะทำให้เกิดรูพรุนขนาดใหญ่ หรือเกิดการแตกแยกออกไม่คงรูป (disintegrated) ถ้าความดันน้อยกว่าความต้านทานจะเกิดการพองตัวได้น้อย ลักษณะเนื้อสัมผัสไม่ดีมีรูพรุนไม่สม่ำเสมอ และส่วนที่ไม่เป็นรูพรุนจะแข็ง (18)

ปัจจัยที่มีผลต่อการทอด คือ ความชื้นก่อนทอด อุณหภูมิ และเวลาในการทอด น้ำในเนื้อเยื่ออาหารแบ่งเป็น 2 แบบคือ น้ำอิสระ (free water) น้ำเหล่านี้แยกออกจากเนื้อเยื่อได้ง่ายเมื่อชิ้นอาหารถูกแรงกระแทก หรือได้รับพลังงานบางอย่าง ส่วนอีกรูปแบบ คือ น้ำในเนื้อเยื่อ (bound water) น้ำเหล่านี้ยึดติดกับโปรตีนโมเลกุลด้วยพันธะไฮโดรเจนทำให้หลุดจากเนื้อเยื่ออาหารได้ยาก เมื่ออาหารได้รับพลังงานน้ำอิสระในอาหารจะระเหย และเกิดแรงดันขึ้น เมื่อแรงดันเพิ่มมากขึ้นจนสูงกว่าความดันบรรยากาศ น้ำเหล่านี้จะเปลี่ยนสถานะเป็นไอดันให้เกิดรูพรุนในอาหารซึ่งเป็นลักษณะเด่นของอาหารที่มีความกรอบ Robert (19) รายงานว่า ปริมาณความชื้นที่เหมาะสมที่จะให้เกิดการพองตัวในช่วงแรกควรอยู่ประมาณ 45% แล้วทำให้เหลือ 6-7% ในขั้นสุดท้าย สำหรับอาหารที่มีแป้งอยู่ด้วยควรมีความชื้นสุดท้ายประมาณ 6-11% การทอดนิยมทอดแบบใช้น้ำมันมากโดยใช้กะทะก้นลึก (deep-fat frying) อาหารจะจมลงในน้ำมันที่อุณหภูมิสูง และจะเกิดฟองผุดอย่างแรงในน้ำมันทอด เนื่องจากน้ำบริเวณผิวอาหารระเหย ทำให้ผิวด้านนอกอาหารพองกรอบและเกิดสีน้ำตาลทองในเวลาอันสั้น อาหารประเภทชุบแป้งเมื่อทอดที่อุณหภูมิ 150-220 องศาเซลเซียส น้ำภายในอาหารจะระเหยไปอย่างรวดเร็วและแป้งบริเวณผิวที่สัมผัสกับน้ำมันอุณหภูมิสูงมาก จะเกิดการพองใสเพิ่มมากขึ้นกว่าแป้งที่อยู่ด้านใน เมื่อความชื้นที่ผิวด้านนอกลดลงจะเกิดการพองกรอบ และเป็นสีน้ำตาลเนื่องจากปฏิกิริยา caramelization ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงโดยเกิด hydrolysis ของน้ำตาลในแป้งจนได้น้ำตาลชั้นเดียว (monosaccharides) แล้วเกิด polymerization จนได้สารสีน้ำตาล ถ้าทอดที่อุณหภูมิต่ำกว่า 150 องศาเซลเซียส แป้งชุบทอดจะพองน้อยลง ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 220 องศาเซลเซียส จะทำให้เกิดสารสีน้ำตาลเร็วเกินไปที่ผิวด้านนอกโดยที่ด้านในยังไม่สุก (20) เวลาที่ใช้ในการทอดขึ้นกับอุณหภูมิที่ใช้ในการทอด ปริมาณความชื้นเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ ชนิดของผลิตภัณฑ์และความชื้นสุดท้ายที่ต้องการจึงไม่มีผู้ศึกษา และกำหนดเวลาในการทอดที่แน่นอนของผลิตภัณฑ์ที่ใช้แป้งชุบทอดแต่ละชนิด แต่ในผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะใกล้เคียงกันคือ มันฝรั่งทอดชนิด Frenchfries ข้าวเกรียบซึ่งต่างก็เป็นผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วยแป้งเป็นส่วนใหญ่ และทอดเพื่อให้เกิดความกรอบ ใช้เวลาในการทอดประมาณ 3-6 นาที (21) อย่างไรก็ตาม ผลิตภัณฑ์ชุบแป้งทอดอาจใช้เวลามากกว่า เพราะความชื้นเริ่มต้นสูงกว่า อีกทั้งมีองค์ประกอบ และโครงสร้างต่างกัน

น้ำมันเป็นตัวนำความร้อนที่ทำให้อาหารสุก ช่วยหล่อลื่นไม่ให้อาหารติดภาชนะที่ใช้ทอด ทั้งยังช่วยให้สี และเพิ่มรสชาติแก่อาหารด้วย ในขณะทอด อาหารจะสัมผัสกับน้ำมันตลอดเวลา ดังนั้น สมบัติของน้ำมันที่ใช้จึงมีผลต่อเนื่องไปถึงคุณภาพของอาหารที่ได้ น้ำมันที่ดีและเหมาะสมจึงต้องบริสุทธิ์ ทนความร้อนที่อุณหภูมิสูงได้ดีโดยไม่เกิดการสลายตัว อุณหภูมิที่ใช้ทอดต้องไม่สูงกว่า

จุดเป็นควันของน้ำมันนั้น เพราะถ้าอุณหภูมิสูงกว่าจะเกิดการสลายตัวอย่างเร็ว ทำให้เกิดควันขณะทอดและผลิตภัณฑ์อมน้ำมัน เวลาและการเก็บรักษาก็มีส่วนทำให้ไขมันและน้ำมันเสื่อมคุณภาพลงตามลำดับ นอกเหนือจากการเสื่อมคุณภาพระหว่างทอดซึ่งอัตราเร็วขึ้นกับอากาศ น้ำและอาหารทั้ง 3 ปัจจัย ทำให้ไขมันและน้ำมันเกิดการสลายตัวเปลี่ยนแปลงกลิ่นรสและเกิดควัน (22)

ไขมัน และน้ำมันต่างชนิดกันมีผลให้อาหารมีรสชาติต่างกัน ปริมาณน้ำมันที่อาหารดูดซึมไว้มีผลต่อรสชาติอาหารตลอดจนการย่อย คุณค่าทางโภชนาการ และราคาของอาหาร อาหารที่อมน้ำมันมากจะเลี่ยนไม่ชวนบริโภค มีต้นทุนการผลิตเพิ่มสูงขึ้น และทำให้กลิ่น และรสชาติของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนได้เร็วระหว่างเก็บจากการเกิดกลิ่นหืน ดังนั้น ปริมาณน้ำมันที่ผลิตภัณฑ์ดูดซึมไว้จึงมีความสำคัญ ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซึมน้ำมันได้แก่ เวลาและอุณหภูมิในการทอด พื้นที่ผิวของอาหาร และจุดเป็นควันของน้ำมัน Baker และคณะ (14) ได้ศึกษาการทอดชิ้นไก่ที่อุณหภูมิ และเวลาต่าง ๆ พบว่า ในการทอดผลิตภัณฑ์ให้เป็นสีน้ำตาล ถ้าอุณหภูมิน้ำมันขณะทอดสูงจะใช้เวลาในการทอดสั้นและผลิตภัณฑ์เสียน้ำหนักทั้งหมดน้อยกว่าเมื่อทอดที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลานาน นอกจากนั้นปริมาณน้ำมันที่ดูดซึมเข้าผลิตภัณฑ์ก็ต่ำกว่าด้วย ในส่วนของพื้นที่ผิวนั้น อาหารที่มีชิ้นใหญ่อมน้ำมันได้มากกว่าอาหารที่มีชิ้นเล็ก และอาหารที่มีผิวหน้าขรุขระ หรือมีรูพรุนจะอมน้ำมันมากกว่าอาหารที่มีผิวเรียบ เพราะอาหารดังกล่าวมีพื้นที่สัมผัสกับน้ำมันมากกว่า Baker และคณะ (14) ยังได้ศึกษาต่อไป พบว่า ชิ้นไก่บริเวณอก ปีกและน่องจะดูดซึมน้ำมันต่างกัน อกไก่ซึ่งมีพื้นที่ผิวสัมผัสมากกว่าดูดซึมน้ำมันได้มากกว่าบริเวณอื่น นอกจากนั้น การดูดซึมน้ำมันมีความสัมพันธ์โดยทางกลับอย่างมีนัยสำคัญกับจุดเป็นควันของน้ำมัน ถ้าน้ำมันมีจุดเป็นควันต่ำ จะมีการดูดซึมเข้าในอาหารได้มาก และทำให้อาหารที่ทอดมีสีคล้ำ และกลิ่นผิดปกติ (14)

<u>การแช่แข็งและการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ขณะแช่แข็ง</u>

การแช่แข็งเป็นวิธีถนอมอาหารซึ่งใช้หลักการลดอุณหภูมิจนถึงจุดเยือกแข็งของสารละลายในเนื้อเยื่อและน้ำกลายเป็นผลึกน้ำแข็ง การแช่แข็งทำได้โดยใช้เครื่องมือหลายแบบ เช่น แบบ multi plate, แบบ air-blast และแบบ cryogenic เป็นต้น อัตราเร็วของการแช่แข็งขึ้นกับอุณหภูมิที่ใช้ ความเร็วของอากาศ อุณหภูมิของอาหารก่อนการแช่แข็งรวมถึงรูปร่าง ขนาด และลักษณะของอาหาร ถ้าอัตราเร็วของการแช่แข็งสูง เวลาที่ใช้ในการทำให้อาหารมีอุณหภูมิลดลงผ่านจุดเยือกแข็งจะสั้น และได้ผลึกน้ำแข็งขนาดเล็กกระจายอยู่ทั่วไปในเนื้อเยื่อ Berry และ Cunningham (23) พบว่า อัตราเร็วของการแช่แข็งมีผลต่อการเกิดกลิ่นหืนในเนื้อไก่โดย

ผลิตภัณฑ์ที่แช่แข็งด้วย nitrogen เหลว อุณหภูมิจะลดลงเร็วกว่าและมีค่า TBA ต่ำกว่าพวกที่แช่แข็งแบบ air-blast และแช่แข็งในระดับครัวเรือน

การเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ขณะแช่แข็ง ประกอบด้วย การเปลี่ยนสมบัติทางกายภาพจากการเกิดผลึกน้ำแข็งกับการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี โดยเมื่อลดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส จะเริ่มเกิดผลึกน้ำแข็งที่อุณหภูมิเฉพาะ ซึ่งเป็นจุดเยือกแข็งของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด อุณหภูมิดังกล่าวขึ้นโดยตรงกับความเข้มข้นของสารละลายที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ แต่ไม่ขึ้นกับปริมาณน้ำ การเกิดผลึกน้ำแข็งของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดจะเกิดขึ้นหลังจากการเกิดจุดเย็นตัวยวดยิ่ง (supercooling) สิ้นสุดลง (จุดเย็นตัวยวดยิ่งเป็นปรากฏการณ์ที่อุณหภูมิของสารละลาย หรือสารลดต่ำกว่าจุดเยือกแข็งโดยปราศจากการเกิดผลึกน้ำแข็ง) จากนั้นอุณหภูมิภายในผลิตภัณฑ์จะสูงขึ้นเนื่องจากสารละลายที่จุดเย็นตัวยวดยิ่งจะคายความร้อน และน้ำเริ่มเปลี่ยนเป็นผลึกน้ำแข็งที่จุดนี้ ซึ่งก็คือจุดเยือกแข็งของผลิตภัณฑ์นั่นเอง (24,25)

อัตราการเกิดผลึกน้ำแข็ง ขึ้นอยู่กับอัตราการระบายความร้อนออกจากผลิตภัณฑ์ และอัตราการเคลื่อนที่ของน้ำจากสารละลาย หรือเจลไปสู่ผิวของผลึกน้ำแข็งที่ก่อตัวขึ้นอัตราเร็วของการแช่แข็งช้าจะก่อให้เกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่และมีปริมาณผลึกน้ำแข็งจำนวนน้อย ซึ่งผลึกน้ำแข็งเหล่านี้จะเกิดภายนอกเซล และทำลายเนื้อเยื่อของผลิตภัณฑ์ ขณะที่อัตราเร็วของการแช่แข็งเร็วขึ้น จำนวนผลึกน้ำแข็งมีปริมาณมากขึ้น และขนาดของผลึกน้ำแข็งเล็กลง ซึ่งผลึกเหล่านี้เกิดขึ้นภายในเซลของผลิตภัณฑ์ วิธีแช่แข็งที่อัตราเร็วของการแช่แข็งสูง จะทำให้เกิดการเสียน้ำจากเนื้อเยื่อเมื่อน้ำแข็งละลาย (drip loss) ต่ำกว่าวิธีแช่แข็งที่มีอัตราเร็วต่ำ และยังช่วยรักษาเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ให้ดีกว่าอีกด้วย (25,26)

ในขณะแช่แข็ง ถ้าบรรจุผลิตภัณฑ์ไม่ดีพอจะเกิดการสูญเสียความชื้น การป้องกันทำได้โดยบรรจุผลิตภัณฑ์ลงในภาชนะบรรจุที่สามารถป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำ และใช้วิธีแช่แข็งที่มีอัตราเร็วสูง (24,25) เช่น plate freezing, cryogenic freezing เป็นต้น ถ้าบรรจุผลิตภัณฑ์ลงในภาชนะบรรจุที่มีช่องว่างระหว่างผิวของผลิตภัณฑ์ และผิวภาชนะบรรจุ ความชื้นจากผลิตภัณฑ์แม้จะผ่านภาชนะบรรจุออกไปไม่ได้ จะควบแน่นเป็นเกล็ดน้ำแข็งขนาดเล็กเกาะอยู่ตามผิวด้านในของภาชนะบรรจุ ผลิตภัณฑ์ที่แช่แข็งโดยไม่ได้บรรจุในภาชนะบรรจุ จะสูญเสียความชื้นประมาณ 0.5-1.5% หรืออาจมากกว่านี้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิขณะแช่แข็ง อัตราเร็วของการแช่แข็ง วิธีแช่แข็ง และชนิดของผลิตภัณฑ์ที่นำมาแช่แข็ง (27)

การถนอมรักษาอาหารโดยการแช่แข็งจะยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ให้นานขึ้น จากการยับยั้งปฏิกิริยาทางชีวเคมี และการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (25) จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค

บางชนิด จะทนต่อภาวะเยือกแข็งมากกว่าจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียของอาหาร บักเตรีที่ก่อให้เกิดโรคโดยทั่วไป ส่วนมากจะเป็นพวกแกรมลบซึ่งปฏิกิริยาต่าง ๆ ถูกยับยั้งจากภาวะเยือกแข็งง่ายกว่าบักเตรีที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียของอาหาร ซึ่งเป็นพวกแกรมบวก (25) นอกจากนั้นพบว่า วิธีการแช่แข็งที่ใช้มีผลต่อการทำลายจุลินทรีย์ กล่าวคือ วิธีแช่แข็งที่มีอัตราเร็วของการแช่แข็งต่ำ จะเกิดผลึกน้ำแข็งช้า แต่ผลึกขนาดใหญ่ และทำลายจุลินทรีย์ได้ดีกว่าผลึกน้ำแข็งขนาดเล็กที่ได้จากวิธีแช่แข็งที่อัตราเร็วสูงกว่า (25,26) จุลินทรีย์บางส่วนจะถูกทำลายระหว่างแช่แข็ง และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิเยือกแข็ง การแช่แข็งไม่สามารถกำจัดบักเตรีที่ปนเปื้อนอยู่ในอาหารได้ทั้งหมด (25)

<u>การบรรจุ</u>

การบรรจุผลิตภัณฑ์แช่แข็งทำได้ทั้งก่อน และหลังการแช่แข็ง คุณภาพของผลิตภัณฑ์ก่อนการแช่แข็งมีความสำคัญ เพราะการบรรจุหีบห่อจะไม่ช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีกว่าเดิม แต่ถ้าบรรจุไม่ดี หรือไม่ถูกต้องจะทำให้คุณภาพด้อยลง อายุการเก็บสั้น และมูลค่าทางเศรษฐกิจลดลง

ภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์แช่แข็งต้องสามารถป้องกันผลิตภัณฑ์จากการเสียน้ำ จากปฏิกิริยา oxidation ของไขมัน การเสียกลิ่นรสและความเสียหายทางกายภาพจากแสง การเสียน้ำถ้าเกิดขึ้นมากและเป็นเวลานานอาจเกิดภาวะที่เรียก freezer burn ซึ่งเป็นผลให้ลักษณะปรากฏและคุณภาพด้านการบริโภคของผลิตภัณฑ์ด้อยลง oxidation ของไขมันทำให้ผลิตภัณฑ์หืน ออกซิเจนและแสงเร่งปฏิกิริยานี้ ส่วนการเสียกลิ่นรสนั้นผลิตภัณฑ์ที่ทำสุกและแช่แข็ง (precooked frozen products) จะต้องไม่สูญเสียกลิ่นรสระหว่างการแช่แข็ง และเก็บที่อุณหภูมิแช่แข็ง นอกจากนี้ภาชนะบรรจุควรป้องกันผลิตภัณฑ์จากกลิ่นแปลกปลอมต่าง ๆ ได้ด้วย และระหว่างขนส่งภาชนะบรรจุต้องป้องกันผลิตภัณฑ์จากความเสียหายทางกายภาพที่เกิดจากแรงกด หรือแรงกระแทก ดังนั้น ภาชนะบรรจุที่ดีสำหรับผลิตภัณฑ์แช่แข็ง (28) ต้องมีลักษณะดังนี้คือ ทนต่ออุณหภูมิแช่แข็งและเก็บที่ภาวะแช่แข็งได้ ไม่เป็นพิษ หรือให้สารปนเปื้อนที่เป็นพิษ ขณะเดียวกัน ไม่ทำให้เกิดกลิ่น หรือรสชาติที่ผิดปกติแก่ผลิตภัณฑ์ ต้องสามารถกันการซึมผ่านของไอน้ำ ออกซิเจน ไขมัน และทนต่อความชื้น หรือน้ำได้ สามารถใช้กับเครื่องจักรบรรจุ หรือปิดผนึกชนิดอัตโนมัติ หรือกึ่งอัตโนมัติ พิมพ์ติดได้ดี และไม่ปริแตก หรือรั่วระหว่างการละลายน้ำแข็งในผลิตภัณฑ์ ถ้าผลิตภัณฑ์เตรียมสำหรับการอุ่นซ้ำด้วยไมโครเวฟ ภาชนะบรรจุจะต้องทนพลังงานจากไมโครเวฟได้ด้วย(29)

ภาชนะบรรจุที่ใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็งมีอยู่หลายชนิดทั้งที่เป็นพลาสติก aluminum foil laminate และกล่องกระดาษเคลือบไข เป็นต้น พลาสติกที่ใช้เช่น polyethylene, polyvinylchloride, plio film พลาสติกกลุ่มนี้มีความแข็งแรงและทนทานแม้แต่ที่อุณหภูมิต่ำกว่า -18 องศาเซลเซียส แต่ละชนิดมีข้อดีแตกต่างกันไปเช่น polyethylene, polypropylene และ polyester นั้นไอน้ำผ่านเข้าออกยาก จึงป้องกันการสูญเสียน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ได้ดี นิยมใช้บรรจุผลิตภัณฑ์เยือกแข็ง ส่วน plio film และ polyester สามารถป้องกันออกซิเจนได้ดี จึงเหมาะที่จะใช้กับผลิตภัณฑ์ที่หืนได้ง่าย นอกจากนี้พลาสติกยังสามารถปิดผนึกได้ง่ายโดยใช้ความร้อน จึงนิยมใช้เคลือบวัสดุที่ไม่สามารถปิดผนึกได้ สำหรับ aluminum foil เป็นวัสดุที่คงตัวได้ดีในที่อุณหภูมิต่ำ ไอน้ำและออกซิเจนผ่านเข้าออกได้ยาก ผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่นรุนแรงก็สามารถบรรจุในภาชนะที่ทำจาก aluminum ได้ดี แต่ aluminum มีข้อเสียปิดผนึกด้วยความร้อนไม่ได้และราคาแพง จึงต้องใช้ต้องเคลือบด้วยพลาสติกเพื่อให้ปิดผนึกได้ (30) Carlin และคณะ (31) ได้ศึกษาผลของการใช้ภาชนะบรรจุ 3 ชนิดสำหรับผลิตภัณฑ์ไก่ทอดแช่แข็ง โดยบรรจุไก่ทอดแช่แข็งที่ไม่ได้ผ่านการให้ความร้อนเบื้องต้น และที่ให้ความร้อนเบื้องต้นที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 และ 10 นาทีโดยบรรจุในถุง polyethylene หนา 0.0125 นิ้ว ถุง aluminum foil หนา 0.015 นิ้ว และ Cryovac R เก็บนาน 15 สัปดาห์พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในภาชนะทั้ง 3 ชนิด มีคุณภาพด้านความชุ่มน้ำ (juiciness) ไม่แตกต่างกัน และมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยมาก ตลอดระยะเวลาการเก็บ

<u>อายุการเก็บผลิตภัณฑ์</u>

ปกติผลิตภัณฑ์แช่แข็งจะเก็บที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส (32) ซึ่งเป็นภาวะที่ยังมีน้ำบางส่วนเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ การเสื่อมสลาย และการสูญเสียคุณภาพยังคงเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลาในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ชีวเคมี และกายภาพ แต่จะไม่มีการเสื่อมคุณภาพจากปฏิกิริยาของจุลินทรีย์เพราะอุณหภูมิระดับนี้จุลินทรีย์ต่าง ๆ ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ Williams และคณะ (33) ได้ศึกษาถึงการสูญเสียความชื้นของผลิตภัณฑ์กุ้งชุบขนมปังแช่แข็ง 4 แบบ คือ กุ้งชุบขนมปังแช่แข็งแบบ airblast เก็บในตู้ขายปลีก (retail freezer) ที่อุณหภูมิ -26.6 องศาเซลเซียส และในห้องเย็น (warehouse freezer) ที่อุณหภูมิ -24.4องศาเซลเซียส กุ้งชุบขนมปังแช่แข็งแบบ individual quick frozen (IQF) เก็บในตู้ขายปลีกที่อุณหภูมิ -26.6 องศาเซลเซียสและในห้องเย็นที่อุณหภูมิ -24.4 องศาเซลเซียส

ผลิตภัณฑ์ทั้งหมดบรรจุในกล่องกระดาษไข เก็บนาน 9 เดือนพบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น เปอร์เซนต์ของเกล็ดขนมปังเพิ่มขึ้นทุก treatmemt ส่วนเปอร์เซนต์ของเนื้อกุ้ง น้ำหนักรวม น้ำหนักสุทธิ และเปอร์เซนต์ความชื้นของผลิตภัณฑ์ลดลงเมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้น โดยที่อัตราการสูญเสียความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่เก็บในห้องเย็นจะช้ากว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บในตู้ขายปลีก ทั้งนี้เนื่องจากตู้ขายปลีกมี defrost cycle ถี่กว่าห้องเย็น Gates และคณะ (34) ได้ศึกษาถึงคุณภาพ และคุณค่าทางโภชนาการที่เปลี่ยนแปลงในผลิตภัณฑ์กุ้งชุบขนมปังแช่แข็งที่เก็บในตู้แช่แข็งแบบขายส่งและขายปลีกทั้งแนวนอน (coffin style) และแนวตั้ง (upright) เก็บนาน 13 เดือน พบว่า ผู้บริโภคตรวจพบความแตกต่างของคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่เก็บในตู้แช่แข็งแบบขายปลีก เมื่อเก็บนาน 3-4 เดือนโดยตรวจพบความแตกต่างของคุณภาพผลิตภัณฑ์ในตู้แช่แข็งแบบขายปลีกแนวนอนมากกว่าแนวตั้ง ผู้บริโภคพบว่า ผลิตภัณฑ์มีลักษณะแห้งกระด้าง เนื่องจากมีการสูญเสียความชื้นออกไป ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เก็บในตู้ขายส่ง มีการสูญเสียความชื้นออกไปน้อย และผู้บริโภคตรวจพบคุณภาพด้าน chewiness และความกระด้างด้อยลง เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์นานมากกว่า 13 เดือน สำหรับคุณภาพด้านโภชนาการ พบว่า ด้อยลงทั้งในตู้ขายปลีก และขายส่ง โดยปริมาณโปรตีน thiamin และ riboflavin ไม่แตกต่างกันในตู้แช่แข็งแต่ละชนิด และวิตามินทั้งสองชนิดลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 2 เดือนแรกของการเก็บ แต่ช่วง 11 เดือนหลังระดับวิตามินที่เหลือจะคงที่

<u>วิธีการให้ความร้อนผลิตภัณฑ์ก่อนบริโภค</u>

วิธีการให้ความร้อนผลิตภัณฑ์ชุบขนมปังแช่แข็งก่อนบริโภคทำได้หลายวิธี เช่น ทอดแบบ deep fat frying อบในเตาอบ หรือการใช้อุ่นด้วย microwave oven ซึ่งวิธีการให้ความร้อนแต่ละแบบ จะใช้อุณหภูมิและเวลาต่างกันขึ้นกับชนิด และประเภทของผลิตภัณฑ์ Carlin และคณะ (31) ทอดชิ้นไก่แช่แข็งในน้ำมันถั่วลิสงที่อุณหภูมิ 350 องศาฟาเรนไฮท์ จนอุณหภูมิภายในชิ้นไก่เท่ากับ 185 องศาฟาเรนไฮท์ ชิ้นไก่แต่ละตัวอย่างใช้เวลาต่างกัน เช่น ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการให้ความร้อนเบื้องต้นมาแล้ว 10 นาที จะใช้เวลา 3-4 นาที ขณะที่พวกชิ้งผ่านการให้ความร้อนเบื้องต้นเป็นเวลา 3 นาที ใช้เวลา 5-6 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้กรอบ และมีผิวเป็นสีน้ำตาลทอง Love และ Goodwin (17) ทดลองทอดชิ้นไก่ให้เป็นสีน้ำตาลโดยใช้เวลา และอุณหภูมิต่างกัน คือ ที่อุณหภูมิ 149 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 7 นาที อุณหภูมิ 177 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 4.5 นาที และอุณหภูมิ 205 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 2 นาที พบว่า ตัวอย่างชิ้งทอดด้วยอุณหภูมิต่ำ และใช้เวลานานจะสูญเสียน้ำหนักมากกว่าพวกทอดที่อุณหภูมิสูงเวลาสั้น เขายังศึกษา

ต่อไป พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ทอดแบบ deep fat frying มีค่าแรงตัดขาดสูงกว่าตัวอย่างที่ไม่ผ่านการทอด และตัวอย่างซึ่งทอดที่ 149 องศาเซลเซียส 7 นาที มีค่าแรงตัดขาดไม่ต่างจากพวกที่ทอดที่อุณหภูมิ 205 องศาเซลเซียส 2 นาที นอกจากนั้น เขายังพบว่า การทอดมีผลต่อค่า TBA โดยชิ้นไก่ซึ่งทอดที่ 205 องศาเซลเซียส 2 นาที มีค่า TBA ต่ำกว่าพวกที่ทอดที่ 149 องศาเซลเซียส 4 นาที อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้เพราะ ชิ้นไก่ที่ทอดที่ 149 องศาเซลเซียสใช้เวลาทอดนานกว่า และได้รับพลังงานความร้อนมากกว่า ทำให้ phospholipid และ proteolipid ในกล้ามเนื้อแตกตัวให้กรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวมากมาย ค่า TBA ที่เพิ่มขึ้นอาจเกิดจากการสูญเสียน้ำออกไปและดูดซับน้ำมันไว้ สำหรับชิ้นไก่ที่ทอดที่ 149 องศาเซลเซียส Smith และ Vail (35) รายงานว่า ผิวชิ้นไก่ทอดแบบ deep fat frying มีไขมัน 40 % ขณะที่ใช้เตาอบ และ skillet frying มีไขมันเพียง 31 และ 33% ตามลำดับ Suderman และ Cunningham (2) ได้รายงานถึงผลการทดลองของ Seeley ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับผลของวิธีให้ความร้อนต่อองค์ประกอบของผิวไก่ต้มชุบขนมปังแช่แข็ง ในการทดลองเขาใช้วิธีให้ความร้อน 5 แบบ คือ วิธีแรกใช้ microwave oven 6 นาที แล้วกลับด้านให้ความร้อนต่ออีก 4 นาที วิธีที่สอง ใช้ microwave oven ร่วมกับ browning element โดยให้ความร้อน 4 นาที ทำให้เป็นสีน้ำตาลอีก 8 นาทีแล้วกลับด้านให้ความร้อนต่อ 2 นาทีจากนั้นทำให้เป็นสีน้ำตาลอีก 8 นาที วิธีที่สามใช้ low pressure deep fat frying โดยเริ่มทำให้น่องไก่เป็นสีน้ำตาลก่อนเป็นเวลา 2 นาที แล้วให้ความร้อนภายใต้ความดันอีก 7 นาที วิธีที่สี่ ใช้เตาอบ และย่างเป็นเวลา 20 นาทีต่อด้าน วิธีที่ห้า ใช้เตาอบอบที่ 204 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 40 นาทีโดยไม่มีการกลับด้าน หลังจากนั้นวิเคราะห์ dry matter โปรตีน ไขมัน และเถ้าในเนื้อเยื่อส่วนผิวพบว่า dry matter ของไก่ที่ใช้ทอดแบบ deep fat frying แตกต่างจากวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้เพราะ มีการระเหยของน้ำเกิดขึ้นมากขณะทอด สำหรับโปรตีน และเถ้า พบว่า ไม่ขึ้นกับวิธีให้ความร้อน ส่วนปริมาณไขมัน พบว่า การทอดให้ผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันสูงสุดเพราะว่าสูญเสียความชื้นออกไปมากและดูดซับน้ำมันขณะทอดไว้มากที่สุด